

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> . . . . .	13
<b>Chapitre 1. Séries de Fourier</b> . . . . .	15
1.1. Rappels théoriques . . . . .	15
1.1.1. Fonctions orthogonales. . . . .	15
1.1.1.1. Vecteurs orthogonaux . . . . .	15
1.1.1.2. Analogie fonctions-vecteurs . . . . .	16
1.1.2. Séries de Fourier . . . . .	16
1.1.2.1. Séries trigonométriques . . . . .	16
1.1.2.2. Séries exponentielles. . . . .	17
1.1.2.3. Relations entre les deux formes de série . . . . .	18
1.1.3. Fonctions périodiques . . . . .	19
1.1.4. Propriétés des séries de Fourier. . . . .	20
1.1.4.1. Translation dans le temps . . . . .	20
1.1.4.2. Fonctions paires . . . . .	20
1.1.4.3. Fonctions impaires . . . . .	21
1.1.4.4. Symétrie de rotation . . . . .	21
1.1.5. Spectres discrets. Répartition en puissance . . . . .	21
1.1.5.1. Spectre physique. Spectre complexe . . . . .	21
1.1.5.2. Spectre de puissance . . . . .	22
1.2. Énoncés des exercices . . . . .	23
1.2.1. Exercice 1 . . . . .	23
1.2.2. Exercice 2 . . . . .	25
1.2.3. Exercice 3 . . . . .	25
1.2.4. Exercice 4 . . . . .	26
1.2.5. Exercice 5 . . . . .	26

1.2.6. Exercice 6 . . . . .	26
1.2.7. Exercice 7 . . . . .	27
1.2.8. Exercice 8 . . . . .	28
1.2.9. Exercice 9 . . . . .	28
1.2.10. Exercice 10 . . . . .	29
1.2.11. Exercice 11 . . . . .	29
1.3. Corrections des exercices. . . . .	30
1.3.1. Exercice 1 . . . . .	30
1.3.2. Exercice 2 . . . . .	37
1.3.3. Exercice 3 . . . . .	38
1.3.4. Exercice 4 . . . . .	39
1.3.5. Exercice 5 . . . . .	39
1.3.6. Exercice 6 . . . . .	40
1.3.7. Exercice 7 . . . . .	42
1.3.8. Exercice 8 . . . . .	43
1.3.9. Exercice 9 . . . . .	44
1.3.10. Exercice 10 . . . . .	45
1.3.11. Exercice 11 . . . . .	47

**Chapitre 2. Transformation de Fourier . . . . . 51**

2.1. Rappels théoriques . . . . .	51
2.1.1. Transformée de Fourier . . . . .	51
2.1.1.1. Représentation d’une fonction quelconque sur $]-\infty, +\infty[$ . . . . .	51
2.1.1.2. Existence de la transformée de Fourier . . . . .	53
2.1.2. Propriétés de la transformée de Fourier . . . . .	54
2.1.2.1. Linéarité . . . . .	54
2.1.2.2. Symétrie du spectre . . . . .	54
2.1.2.3. Réciprocité de la transformée de Fourier . . . . .	54
2.1.2.4. Changement d’échelle . . . . .	54
2.1.2.5. Translations de l’échelle des temps et des fréquences . . . . .	55
2.1.2.6. Intégration et dérivation dans le domaine temporel. . . . .	56
2.1.2.7. Dérivation dans le domaine fréquentiel. . . . .	57
2.1.2.8. Convolution . . . . .	57
2.1.3. Fonctions singulières . . . . .	57
2.1.3.1. Impulsion unité . . . . .	57
2.1.3.2. Dérivées des fonctions discontinues. . . . .	60
2.1.3.3. Propriété d’échantillonnage de $\delta(t)$ . . . . .	61
2.1.4. Transformée de Fourier de fonctions usuelles . . . . .	62

---

2.1.5. Calcul des transformées de Fourier par la méthode des impulsions de Dirac . . . . .	63
2.1.6. Transformée de Fourier d'une fonction périodique . . . . .	65
2.1.7. Densité d'énergie . . . . .	65
2.1.8. Limites supérieures de la transformée de Fourier . . . . .	66
2.2. Énoncés des exercices . . . . .	67
2.2.1. Exercice 1 . . . . .	67
2.2.2. Exercice 2 . . . . .	67
2.2.3. Exercice 3 . . . . .	68
2.2.4. Exercice 4 . . . . .	69
2.2.5. Exercice 5 . . . . .	69
2.2.6. Exercice 6 . . . . .	69
2.2.7. Exercice 7 . . . . .	70
2.2.8. Exercice 8 . . . . .	70
2.2.9. Exercice 9 . . . . .	71
2.2.10. Exercice 10 . . . . .	72
2.2.11. Exercice 11 . . . . .	72
2.2.12. Exercice 12 . . . . .	72
2.2.13. Exercice 13 . . . . .	73
2.2.14. Exercice 14 . . . . .	73
2.2.15. Exercice 15 . . . . .	74
2.2.16. Exercice 16 . . . . .	75
2.2.17. Exercice 17 . . . . .	75
2.3. Corrections des exercices. . . . .	76
2.3.1. Exercice 1 . . . . .	76
2.3.2. Exercice 2 . . . . .	77
2.3.3. Exercice 3 . . . . .	82
2.3.4. Exercice 4 . . . . .	82
2.3.5. Exercice 5 . . . . .	84
2.3.6. Exercice 6 . . . . .	84
2.3.7. Exercice 7 . . . . .	85
2.3.8. Exercice 8 . . . . .	87
2.3.9. Exercice 9 . . . . .	89
2.3.10. Exercice 10 . . . . .	92
2.3.11. Exercice 11 . . . . .	93
2.3.12. Exercice 12 . . . . .	95
2.3.13. Exercice 13 . . . . .	97
2.3.14. Exercice 14 . . . . .	98
2.3.15. Exercice 15 . . . . .	99
2.3.16. Exercice 16 . . . . .	100
2.3.17. Exercice 17 . . . . .	101

<b>Chapitre 3. Transformation de Laplace . . . . .</b>	<b>103</b>
3.1. Rappels théoriques . . . . .	103
3.1.1. Définition. . . . .	103
3.1.2. Existence de la transformée de Laplace . . . . .	104
3.1.2.1. Passage de la transformée de Laplace à la transformée de Fourier . . . . .	104
3.1.3. Propriétés de la transformée de Laplace. . . . .	104
3.1.3.1. Linéarité . . . . .	104
3.1.3.2. Facteur d'échelle . . . . .	104
3.1.3.3. Translation de l'échelle des temps. . . . .	105
3.1.3.4. Translation de l'échelle des fréquences. . . . .	105
3.1.3.5. Dérivation dans le domaine des fréquences . . . . .	105
3.1.3.6. Dérivation dans le domaine du temps. . . . .	105
3.1.3.7. Intégration dans le domaine des fréquences . . . . .	106
3.1.3.8. Intégration dans le domaine du temps. . . . .	106
3.1.3.9. Convolution temporelle . . . . .	106
3.1.3.10. Convolution fréquentielle . . . . .	107
3.1.3.11. Signal causal périodique . . . . .	107
3.1.4. Théorèmes de la valeur initiale et de la valeur finale . . . . .	108
3.1.4.1. Théorème de la valeur initiale . . . . .	108
3.1.4.2. Théorème de la valeur finale . . . . .	108
3.1.5. Détermination des transformées inverses . . . . .	108
3.1.5.1. Formule d'inversion . . . . .	108
3.1.5.2. Utilisation des tables et des théorèmes . . . . .	108
3.1.5.3. Décomposition en éléments simples . . . . .	109
3.1.6. Techniques d'approximations. . . . .	111
3.1.6.1. Marches d'escalier . . . . .	111
3.1.6.2. Approximation par segments . . . . .	112
3.1.7. Transformée de Laplace et équations différentielles . . . . .	113
3.1.8. Table de transformées de Laplace usuelles . . . . .	113
3.1.9. Régime transitoire et régime permanent. . . . .	115
3.2. Énoncés des exercices . . . . .	117
3.2.1. Exercice 1 . . . . .	117
3.2.2. Exercice 2 . . . . .	117
3.2.3. Exercice 3 . . . . .	117
3.2.4. Exercice 4 . . . . .	118
3.2.5. Exercice 5 . . . . .	118
3.2.6. Exercice 6 . . . . .	118
3.2.7. Exercice 7 . . . . .	119
3.2.8. Exercice 8 . . . . .	120
3.2.9. Exercice 9 . . . . .	121
3.2.10. Exercice 10 . . . . .	121

3.3. Corrections des exercices. . . . .	121
3.3.1. Exercice 1 . . . . .	121
3.3.2. Exercice 2 . . . . .	122
3.3.3. Exercice 3 . . . . .	126
3.3.4. Exercice 4 . . . . .	127
3.3.5. Exercice 5 . . . . .	135
3.3.6. Exercice 6 . . . . .	135
3.3.7. Exercice 7 . . . . .	137
3.3.8. Exercice 8 . . . . .	140
3.3.9. Exercice 9 . . . . .	142
3.3.10. Exercice 10 . . . . .	142

## **Chapitre 4. Intégrale et produit de convolution . . . . . 147**

4.1. Rappels théoriques . . . . .	147
4.1.1. Analyse des systèmes linéaires par l'intégrale de convolution . . . . .	147
4.1.2. Propriétés du produit de convolution . . . . .	148
4.1.2.1. Commutativité . . . . .	148
4.1.2.2. Distributivité . . . . .	148
4.1.2.3. Associativité. . . . .	148
4.1.2.4. Dérivée d'un produit de convolution . . . . .	148
4.1.2.5. Translation dans le temps . . . . .	148
4.1.2.6. Transformée de Fourier d'un produit de convolution. . . . .	149
4.1.3. Interprétation graphique du produit de convolution . . . . .	149
4.1.4. Convolution d'une fonction par une impulsion unité . . . . .	150
4.1.5. Réponse indicielle d'un système . . . . .	151
4.1.6. Fonctions propres de l'opérateur convolution . . . . .	151
4.2. Énoncés des exercices . . . . .	152
4.2.1. Exercice 1 . . . . .	152
4.2.2. Exercice 2 . . . . .	153
4.2.3. Exercice 3 . . . . .	154
4.2.4. Exercice 4 . . . . .	154
4.2.5. Exercice 5 . . . . .	155
4.2.6. Exercice 6 . . . . .	155
4.3. Corrections des exercices. . . . .	156
4.3.1. Exercice 1 . . . . .	156
4.3.2. Exercice 2 . . . . .	159
4.3.3. Exercice 3 . . . . .	162
4.3.4. Exercice 4 . . . . .	165
4.3.5. Exercice 5 . . . . .	167
4.3.6. Exercice 6 . . . . .	167

<b>Chapitre 5. Corrélation des signaux . . . . .</b>	<b>171</b>
5.1. Rappels théoriques . . . . .	171
5.1.1. Comparaison des signaux . . . . .	171
5.1.2. Fonctions de corrélation . . . . .	172
5.1.2.1. Fonction d'inter-corrélation . . . . .	172
5.1.2.2. Fonction d'auto-corrélation . . . . .	173
5.1.2.3. Interprétation graphique . . . . .	174
5.1.3. Propriétés des fonctions de corrélation . . . . .	174
5.1.3.1. Corrélation et convolution . . . . .	174
5.1.3.2. Extrémums des fonctions de corrélation . . . . .	175
5.1.3.3. Fonctions de corrélation de signaux d'énergie infinie . . . . .	175
5.1.3.4. Transformée de Fourier des fonctions de corrélation . . . . .	177
5.1.4. Energie d'un signal . . . . .	177
5.2. Enoncés des exercices . . . . .	179
5.2.1. Exercice 1 . . . . .	179
5.2.2. Exercice 2 . . . . .	180
5.2.3. Exercice 3 . . . . .	180
5.2.4. Exercice 4 . . . . .	180
5.2.5. Exercice 5 . . . . .	180
5.2.6. Exercice 6 . . . . .	181
5.2.7. Exercice 7 . . . . .	181
5.2.8. Exercice 8 . . . . .	182
5.2.9. Exercice 9 . . . . .	182
5.2.10. Exercice 10 . . . . .	182
5.2.11. Exercice 11 . . . . .	183
5.2.12. Exercice 12 . . . . .	183
5.2.13. Exercice 13 . . . . .	184
5.2.14. Exercice 14 . . . . .	184
5.3. Corrections des exercices. . . . .	184
5.3.1. Exercice 1 . . . . .	184
5.3.2. Exercice 2 . . . . .	190
5.3.3. Exercice 3 . . . . .	192
5.3.4. Exercice 4 . . . . .	193
5.3.5. Exercice 5 . . . . .	193
5.3.6. Exercice 6 . . . . .	197
5.3.7. Exercice 7 . . . . .	197
5.3.8. Exercice 8 . . . . .	201
5.3.9. Exercice 9 . . . . .	203
5.3.10. Exercice 10 . . . . .	205
5.3.11. Exercice 11 . . . . .	206

---

5.3.12. Exercice 12 . . . . .	207
5.3.13. Exercice 13 . . . . .	208
5.3.14. Exercice 14 . . . . .	209
<b>Chapitre 6. Echantillonnage des signaux . . . . .</b>	<b>213</b>
6.1. Rappels théoriques . . . . .	213
6.1.1. Principe de l'échantillonnage . . . . .	213
6.1.2. Echantillonnage idéal. . . . .	214
6.1.3. Echantillonnage de largeur finie . . . . .	218
6.1.4. Echantillonneur bloqueur . . . . .	221
6.2. Enoncés des exercices . . . . .	224
6.2.1. Exercice 1 . . . . .	224
6.2.2. Exercice 2 . . . . .	224
6.2.3. Exercice 3 . . . . .	224
6.2.4. Exercice 4 . . . . .	224
6.2.5. Exercice 5 . . . . .	225
6.2.6. Exercice 6 . . . . .	225
6.2.7. Exercice 7 . . . . .	226
6.2.8. Exercice 8 . . . . .	226
6.3. Corrections des exercices. . . . .	227
6.3.1. Exercice 1 . . . . .	227
6.3.2. Exercice 2 . . . . .	228
6.3.3. Exercice 3 . . . . .	231
6.3.4. Exercice 4 . . . . .	233
6.3.5. Exercice 5 . . . . .	234
6.3.6. Exercice 6 . . . . .	235
6.3.7. Exercice 7 . . . . .	237
6.3.8. Exercice 8 . . . . .	239
<b>Bibliographie . . . . .</b>	<b>243</b>
<b>Index . . . . .</b>	<b>245</b>